

共通教科「情報」で汎用的な問題解決力をどう育てるか ～『情報的な見方・考え方』を育てるための視点～

松田 稔樹

東京工業大学大学院社会理工学研究科
Email: matsuda@et4te.org

1. はじめに

Bruer(1993)は、Perkins & Salomonの新統合理論を紹介し、領域固有の知識、メタ認知技能、および汎用的方略が人間の知能と熟達した活動の全要素であると述べている。新統合理論の重要なポイントは、過去の理論の反省に立っている点である。初期の理論は、いわゆる教養主義や汎用的方略重視に偏っていたが、その失敗の原因は、それらを指導する方法にあるとしている。一方、1970年代の理論は、領域固有知識を強調した。しかし、領域固有知識だけでは、汎用的な能力が育つはずがないことは明らかである。汎用的な能力に不足している要素として、新たに浮上した要素がメタ認知であり、もう1つが、前述した汎用的方略の指導法である。

Bruerが強調するのは「インフォームドな」指導である。これは、方略の獲得よりも、方略の転移に必要な指導である。ここで重要なのは、汎用的方略と言う名前に反して、汎用性は方略の内容によって保証されるのではなく、指導方法によって担保される点である。ここに、教科教育学の重要性がある。近年、諸外国の教科教育学では、PCKあるいはTPACKという言葉が注目されている。PはPedagogy、CはContents、TはTechnologyであり、KはKnowledgeである。教員の専門性は、PKやCKではなく、Pedagogical Contents Knowledgeに依拠すると認識されている。

なお、諸外国では、情報教育を情報処理教育との関連で捉える動きもあるが、主流は、技術教育との一部として捉える考え方である(ITEA 2007)。ただし、日本の技術教育と、欧米の技術教育とは、位置づけが異なる点に注意が必要である。ITEAが教育目標とする技術リテラシーとは、人がその能力を拡張したり、社会のニーズや要望を満足するために利用すべき知識や方法の集大成(の本質)を習得することだとする。技術教育標準(技術教育で習得すべき学習成果)は、以下の5分野に集約されている。

1. 技術の特性
2. 技術と社会
3. 設計
4. 技術社会に必要な能力
5. 個別領域別の技術の状況

重要な点は、いわゆるスキルの目標がほとんど含まれていない点である。学習方法としては経験学習(実習など)を取り入れるが、それを目標とはしていない。情報活用能力における機器操作スキルの扱いに似ている。また、いわゆる領域固有知識は、5つの柱の最後に集約され位置づけられているに過ぎない。

2. 情報科用のゲーミング教材設計原理

筆者のチームはSTEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)各教科で問題解決力育成用の教材を開発してきた(松田2011, 平林・松田2012, 伊東・松田2013, 甲藤ら2013など)。これらの教材は、①ゲーム型のe-learning教材であること、②問題解決に役立つ見方・考え方の指導に重点を置いていること、③特定の正解を導くのではなく、多様な代替案を発想し、より良い解決策を選択する方法を指導すること、などの共通の特徴を持っている。そして、これらの共通点をふまえてSTEM教育用の共通的な設計の枠組みの構築を目指している。

その基本になっているのが、図1の平林・松田(2012)で提案された情報科教育用の問題解決の枠組である。これは、松田(2003)の情報的な見方・考え方と、玉田・松田(2004)の「3種の知識」による情報モラル判断の枠組みとを統合したものである。

3. 教材設計原理から学習者モデルへ

欧米では、教育学はScienceであり、Artではない。つまり、指導法には、科学的根拠が必要であり、発達心理学や学習科学など、人の発達と学習、思考などに関する特性との関連づけが不可欠である。一方、筆者

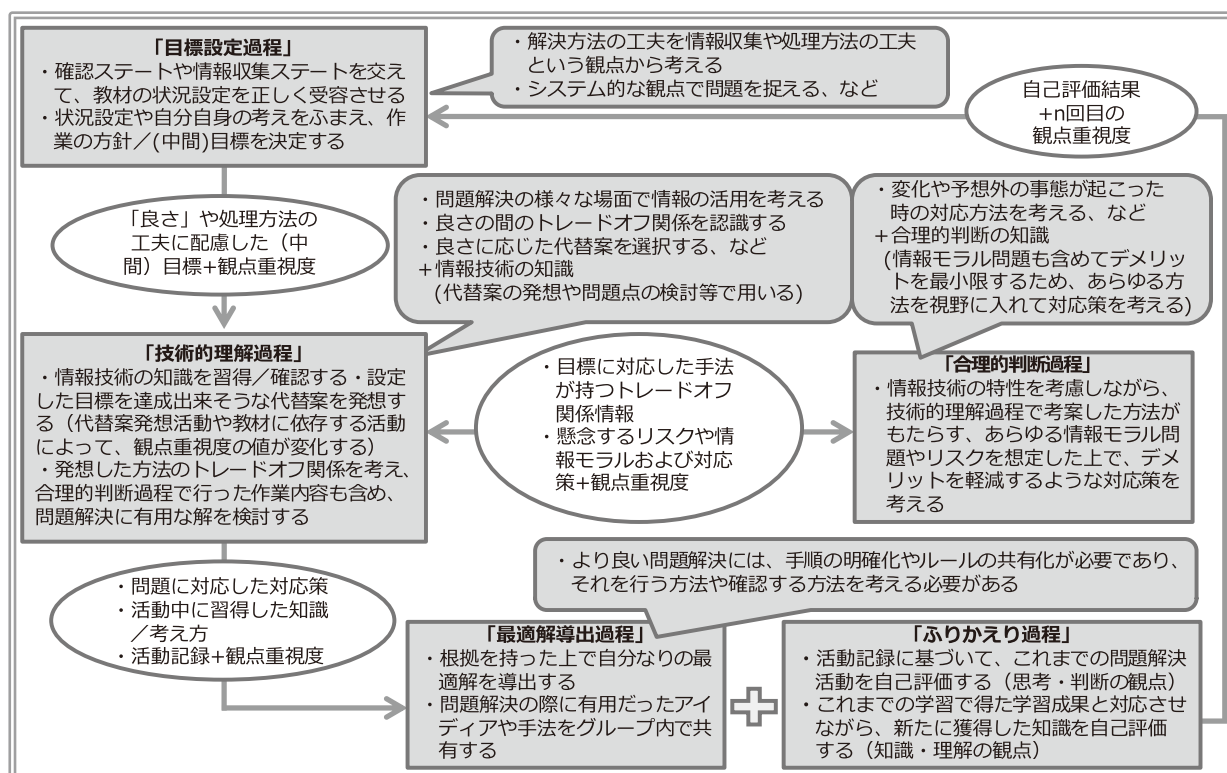


図1 平林・松田 (2012) の情報科教育用ゲーミング教材設計原理における問題解決の枠組み

※各過程で活用すべき「情動的な見方・考え方」や「3種の知識」を吹き出しの中に示している

※楕円の中に示したものは、各過程で学習者の活動を評価し、ゲームの動作を制御する内部変数に保存されるパラメータ値である

は、教師教育のツールである模擬授業ゲームの開発と関連して、図1の枠組みから学習者モデルの開発へと研究を進めている(松田2013)。

松田(2013)の構成要素は、領域専門知識、見方・考え方(情報科なら情動的な見方・考え方)、問題解決スクリプトの3つである。見方・考え方は、Bruer(1993)のメタ認知技能に、問題解決スクリプトは汎用的方略に対応するが、それらは全く同一のものではない。ちなみに、これらの要素と、ITEA(2007)の技術的リテラシーの要素とは、「技術の特性+技術と社会」→メタ認知技能、「設計+技術社会に必要な能力」→汎用的方略、「個別領域別の技術の状況」→領域専門知識というようにおおそに対応する。もちろん、これらも全く同一のものではない。一方、日本の学習指導要領は、教科・科目の目標で多少これらの違いを意識しているものの、科目の内容では違いがほとんど意識されていない。もちろん、教科書も同様である。

3.1 汎用的方略～問題解決スクリプト

Bruer(1993)は、一般的方略として、記憶方略やノートテイキングなどの学習技能から、人工知能研究でも取り上げられた手段－目的分析や山登り法

(Newell & Simon 1972)まで、多様なものを挙げている。これらは、一般的であるが故に、教科教育ではほとんど指導されない。一方、技術的リテラシーでは、「問題の同定と定義 → 多様な解決策の発想 → モデル化・テスト・再評価 → 決定」という設計プロセスを指導し、それを活用する力を育成すべきとしている。これは、問題解決方略そのものであり、図1ともほぼ対応する。ただし重要な点は、「設計」で枠組みを知識として教え、「技術社会に必要な能力」でそれを活用できるように指導すべきとしている点である。この後者で、「インフォームドな指導」ができるかどうかで、これが汎用的になるかどうか、効果が違ってくる。

日本の技術教育でも、問題解決方略を教えていると思う人がいるかもしれない。しかし、Matsuda and Sato(2009)が指摘している通り、その方略は、材料加工、エネルギー変換、栽培、情報技術など、その分野別に個別であり、「インフォームドな指導」になっていない。一方、松田(2013)がスクリプト(Schank & Abelson 1977)という知識表現に着目する理由は、よく紹介される「レストランのスクリプト」のように、この種の知識は、特定の状況や場面ととるべき判断や

行動の手続き的知識の集合である。このタイプの知識は状況に応じて学ばれ、新たな状況で学ばれるごとに、ある人は次第にその一般化や統合を図り、ある人は新たな状況に対応した知識として関連づけをせず、単に量を増やしていくだろう。このメカニズムの違いこそが、汎用的方略として習得できるか否かに関わってくるし、そのメカニズムの違いを意識した「インフォームドな指導」が必要と考えられる。

前述した通り、汎用的方略は汎用的であるが故に教科教育では見過ごされがちである。例えば、数学の課題学習では、これを指導しようとする教科書がほとんどない。一方、技術的リテラシーでは、これを教科の核心的指導対象としている。その意味でも、情報科教育は、技術教育の視点を重視すべきであり、問題解決スクリプト → 見方・考え方 → 領域固有知識の順に指導方法を考えるべきである。

3.2 メタ認知技能～見方・考え方

三宮(1996)によれば、メタ認知には、メタ認知的知識とメタ認知的活動がある。前者は、自分が得意／苦手とする解決方法に関する知識や、課題に向いている解決方法に関する知識などである。メタ認知的活動は、モニタリングとコントロールに別れる。モニタリングは、問題解決の現状、見通し、結果の評価を行い、コントロールは、目標設定、計画、修正などを行うことだと言う。この説明だけでは、メタ認知的活動と技術的リテラシーの設計プロセスとが対応しているような誤解を与えるだろう。図1では、各過程で活用すべき情報的な見方・考え方を関連づけ、それを明示して意識的に活用させるよう促す。これこそが、指導すべきメタ認知的活動であろう。

例えば、目標設定過程では、「多様な良さを考える」という見方・考え方を活用させる。その際、システム的な観点から、解の良さと解決方法の良さを区別すること意識化させる。このうちの後者が、モニタリングの視点となり、その結果に基づいてコントロールが機能する。また、技術的理解過程で代替案を発想した後、合理的判断過程では「良さそうな」案を評価し、改善すべき点があるかどうかを検討する。この時、「どの良さを重視するかは、意思決定する人や状況によって異なる」という見方・考え方を適用し、メタ認知的知識の利用を促す。そして、ふりかえり過程で、今回とった解決方法を再評価し、自信度を見直してメタ認知的知識を更新する。このように、メタ認知能力を高め活用するトリガーとして、問題解決の文脈に見方・考え方を埋め込み、それを意識して活用できるように指導することが、「インフォームドな指導」の要件

になろう。直観的には、「モニタリング → 見方」「コントロール → 考え方」であろう。

なお、松田(2003)は、情報的な見方・考え方と、コンピュータサイエンスの12の再起概念との関連性について考察している。この中には、技術的リテラシーが技術のコア概念として挙げているSystem、Requirement、Trade-offなども含まれる。松田(2003)によれば、これらを概念(=知識)として教えることが失敗の原因であり、これを見方・考え方に変換して指導することが鍵である。

3.3 領域固有知識

長期記憶の知識は、思い出すことに失敗することはあっても、忘れられることはない。学習成果が活用されるには、それらが適切な場面で思い出される(活性化する)ような指導をすることである。また、人間の作業記憶の容量は極めて限定的であり、これを克服する鍵は、チャンク化(関連づけ)である。

人工知能の分野では、1つの概念に関連して一定のスロットを持つフレームという知識表現が使われる。松田(2013)は、坂元(1988)の「次元分け」の考え方を発展させ、ある知識を理解し、活用するには、その知識に関連づけて、名前、利用目的、具体例、式、単位、利用条件など、一定の周辺情報を記憶することが重要だとしている。そして、この周辺情報の種類は、見方・考え方と密接に関連しており、教わらなくてもそれらの情報を自己獲得するために見方・考え方が自己学習力として機能すると仮定している。

知識の活性化には、知識の関連づけの方向性が重要である。一般的に、領域専門知識は、教科書の中で下からの積み上げ方式で教えられる。しかし、この順番は、実際にその知識が必要になる時の順番とはしばしば異なる。例えば、各種の情報をデジタル化する方法は、各種ソフトウェアを使って情報を入力・統合する方法の前に指導される。しかし、問題解決場面では、A/D変換の手順を思い出す必要性は生じない。一方、fontやRGBは、文字の種類や色指定をする時に必要な知識である。近年の構成主義的学習観は、学びの文脈を重視するが、これは、活用場面と対応づけた学習が、活用に適した知識の再構成を促すことを示唆する。教示主義から構成主義への転換と同時に、構成主義に基づく学習の支援として、自己学習を助ける見方・考え方の指導が重要になろう。

知識の活性化には、知識の関連づけの強さや、状況に応じた選択メカニズムを考慮する必要がある。例えば、技術を理解する際には、効果と副作用の両者を学ぶ必要がある。ただし、メリットは「技術的理解過程」

で、デメリットは「合理的判断過程」で意識すべきである。また、技術に関する知識は変化が激しい。ITEA(2007)でも、コア概念・原理を重点的に指導し、各論に指導時間を割くべきでは無いとしている。一方、経験学習では、各論に目がいき、重要概念等は後回しになる可能性が高い。ここが指導内容を取捨選択する時の混乱の元になる。大事なことは、知識の関連づけのどれが、どのような状況で重要なかを意識することである。この時、Keller(1987)のARCS動機づけ理論が参考になる。明示的指導では関連性(意義)を強調し、経験学習では成功体験によって自信を高めることで、状況と知識の関連づけを強める。

4. まとめと展望

高校・大学生の学習意欲の低さや勉強時間不足は、学校教育の根本的見直しを迫っている。大学入試改革の議論も、それと無縁ではない。子ども達の未来のために、学校が成すべきことの本質を見極め、情報科教育を本質的に見直す機運が高まることを期待する。

参考文献

- (1) Bruer, J.T. (1993) Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom. The MIT Press, Cambridge: MA. [松田文子・森敏昭訳(1997)「授業が変わる—認知心理学と教育実践が手を結ぶとき」北大路書房]
- (2) ITEA(2007) Standard for Technological Literacy (3rd edition). International Technology Education Association: Reston, VA, <http://www.iteea.org/TAA/PDFs/xstnd.pdf>
- (3) 松田稔樹(2011)「変換操作」に着目した問題解決策の発想を支援するE-learning教材,『日本シミュレーション&ゲーミング学会全国大会論文報告集』, 2011年春号, 29-32
- (4) 平林翔太・松田稔樹(2012) 情報モラルに配慮して情報技術を効果的に活用する力を育成する情報科教材の開発支援, 日本教育工学会研究会報告集, JSET12-1, 7-14
- (5) 伊東友里絵・松田稔樹(2013) 課題学習用ICTゲーミング教材の改良と教師教育での活用, 日本教育工学会研究会報告集, JSET13-1, 7-14
- (6) 甲藤義哉・松田稔樹・遠藤信一(2013) 市民が習得すべき科学技術コミュニケーション能力の検討とそれを育成する教材の開発, 日本教育工学会研究会報告集, JSET13-2, 93-100
- (7) 松田稔樹(2003) 普通教科「情報」で指導すべき「情報的な見方・考え方」, 東京都高等学校情報教育研究会, 44-47
- (8) 玉田和恵・松田稔樹(2004) 「3種の知識」による情報モラル指導法の開発, 日本教育工学雑誌, 28(2), 79-88
- (9) 松田稔樹(2013) 情報科教育法向け模擬授業ゲームの開発～指導法の効果・影響をフィードバックする学習者モデルの導入, 日本教育工学会研究会報告集, JSET13-1, 345-35
- (10) Newell, A. and Simon, H.A. (1972). Human Problem Solving. Prentice-Hall.
- (11) Matsuda, T. and Sato, H. (2009) Instructional Materials for Cultivating Students' Analogical Thinking Competency in Problem Solving and their Virtual Lessons to innovate Japanese Technology Teachers. PATT-2009, 291-302.
- (12) Schank, R.C. & Abelson, R. (1977). Scripts, Plans, Goals, and Understanding. Hillsdale, NJ: Earlbaum Assoc
- (13) 三宮真智子(1996) 思考におけるメタ認知と注意. In 市川伸一編「思考」, 東京大学出版, 第7章, 157-180
- (14) 坂元昂 (1988) 子どもを生かす授業のしくみ. ぎょうせい, 東京
- (15) Keller, J.M. (1987) Development and use of the ARCS model of motivational design. Journal of Instructional Development, 10 (3), 2-10